

VII-35 チャツボミゴケによる酸性水中でのヒ素除去における鉄共存の影響

東北大学工学部土木工学科 学生会員 ○近藤健一郎

東北大学大学院工学研究科 佐藤学

東北大学大学院工学研究科 正会員 高畠寛生

東北大学大学院工学研究科 フェロー 野池達也

1.はじめに

ヒ素は自然界の至る所に存在し、すべての生命体の中に見出される物質である。ヒ素は温泉水や鉱山流出水にしばしば高濃度で含まれる。ヒ素は生物に対して毒性が強い物質であり、ガンや気管支炎など様々な病気を導くことが知られている。現在、ヒ素含有廃水は主に鉄などによる凝集沈殿法により処理されている。その際、高濃度ヒ素を含有したスラッジの処分、低 pH 下での処理性能の悪化などが問題視されている。その他の処理に、逆浸透法などもある。これは高い処理能力を示すが、コストが高いことが問題である¹⁾。日本は世界有数の火山国で、温泉が多数存在している。ヒ素は硫黄と結合して硫化物となっていることが多いため、硫黄分を多く含有している温泉水から検出されることがある。火山地帯に分布する酸性河川は火山起源の硫酸や塩酸によって酸性化されたものであり²⁾、またヒ素を平均以上含んでいる場合もある。人類の健康を守るためにも、低い pH にも有効で、なおかつコストの低いヒ素除去法の開発が望まれている。凝集沈殿法によるヒ素除去の多くは凝集剤に鉄を用いており、ヒ素と鉄に関する研究も以前からなされている。また、酸性河川には一般的に鉄が多く含まれている。本研究では酸性河川に生息するチャツボミゴケを用いたヒ素除去を行う際の鉄共存の影響について検討した。

2.実験方法

2.1 チャツボミゴケの採取と馴養

福島県の高湯温泉よりチャツボミゴケを採取し、実験室に持ち帰った後、同時に採取した河川水を満たした水槽の中で馴養した。馴養の際、水温を 20℃ に保ち、800lux の光を蛍光灯により照射した（12 時間点灯、12 時間消灯のサイクルを毎日繰り返した）。

2.2 培養液の作成

人工培養液は、酸性河川の化学成分を参考に³⁾作

成した。その組成を表 1 に示す。今回の実験では無機態の 5 価のヒ素($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)、鉄は 2 価($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)と 3 価($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)を用い、蒸留水で溶解させたものを使用した。

表 1 培養液組成

培養液組成(g)	
KCl	0.12
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.51
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.18

※純粋で 10 にし、 HNO_3 を用いて pH2.9 にする

2.3 培養方法

120mL 容量のバイアル瓶中に、2.2 で作成した培養液を 100mL 及び蒸留水で 3 回洗浄したチャツボミゴケを投入した。バイアル瓶をゴム栓で密閉させたのち、振とう培養槽で 24 時間振とうさせる。このとき、振とう培養槽の水温は 20℃、照度 800~1000lux、振とう数 50spm とした。培養液中にコケを投入した後、鉄とヒ素を入れ、実験開始とした。

2.4 分析方法

金属濃度は ICP-MASS を用いて測定し、また鉄イオンの識別は 1,10-フェナントロリン法⁴⁾を用いた。

3.実験結果

3.1 ヒ素除去における鉄の影響

チャツボミゴケを用いたヒ素除去において 0~20mg/L の鉄(II)を添加し、鉄濃度がヒ素除去能に与える影響について検討した。この結果を図 1 に示す。鉄が存在しない際には、ヒ素除去率は 40%程度で、鉄濃度 5~20mg/L における除去率は、95%以上だった。この実験の pH は 2.9~3.0 であるため、鉄(II)とヒ素の共沈によるヒ素濃度低下ではない。即ちチャツボミゴケによるヒ素除去は鉄濃度に大きく依存し、鉄濃度が高いほどヒ素除去率が高くなった。

3.2 ヒ素除去におけるコケの活性の影響

チャツボミゴケを用いたヒ素除去がコケの生命活動に依存するかを検討するために、コケを熱処理(105℃で1日乾燥させたもの)、凍結乾燥処理、無処理、コケなしの4系列の実験を行った。ここでは5mg/LのFe(III)を添加した。図2にヒ素濃度の経時変化を示す。コケの活性が完全にはないと考えられる熱処理に関してはほとんどヒ素が減少していなかった。凍結乾燥したコケに関しては、若干のヒ素除去が観察されたが、十分なヒ素除去は観察されなかった。ブランクでも若干量のヒ素除去が観察されたが、無処理のコケを用いたときよりも小さかった。これらより、コケによるヒ素除去には、コケの生命活動が何らかの重要な役割を果たしていることが示唆される。

また2価の鉄及び3価の鉄の経時変化について図3及び図4に示す。凍結乾燥と熱処理の系列において実験開始時のFe(III)がほぼ0mg/Lであり、Fe(II)が5mg/Lとなった。即ち図3から凍結乾燥と熱処理は鉄イオンが3価から2価へと瞬間的に変化したと判断できる。また無処理やブランクに関しては、Fe(III)が減少し、Fe(II)が増加しなかった。

4. 考察

以上の研究結果より、チャツボミゴケにおけるヒ素除去機構に関して以下のように考察した。まず、3価の鉄がヒ素と結合し、鉄・ヒ素共重合体を形成する。その鉄・ヒ素共重合体がコケに吸着することによって、水中からヒ素が除去される。このような除去機構に関する考察は、本報で示した結果だけでなく、DCB⁵⁾(亜ジオン酸塩/クエン酸塩/重ソウ)による抽出結果によって、除去された鉄およびヒ素がコケ表面に吸着されていたことが示唆されたこと(データ省略)によっても支持される。

5. 結論

- ①チャツボミゴケによるヒ素除去は、鉄濃度に依存し、鉄濃度が高いほどその除去率も高くなった。
- ②コケの状態により、ヒ素除去率が全く異なり、凍結乾燥処理、熱処理によって、コケヒ素除去能が著しく低下した。
- ③チャツボミゴケを用いた5価のヒ素除去は、コケ表面で、三価の鉄とヒ素とが吸着反応していることが推察された。

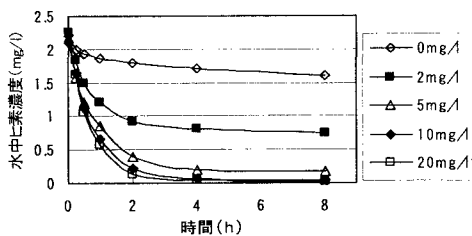


図1 鉄濃度を変化させたときの水中ヒ素濃度

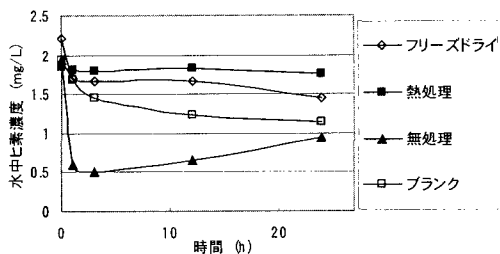


図2 コケの状態による水中ヒ素濃度の変化

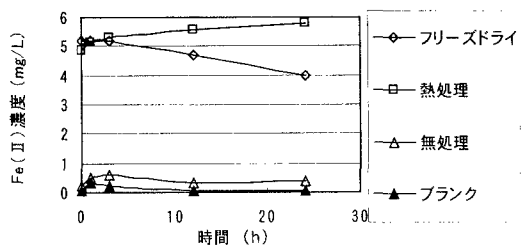


図3 コケの状態による鉄(II)濃度の変化

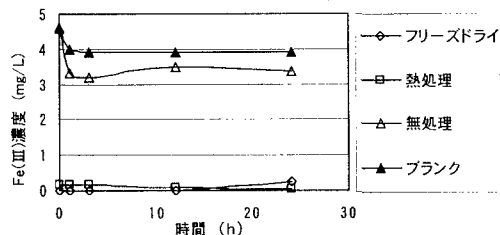


図4 コケの状態による鉄(III)濃度の変化

6. 参考文献

- 1) 徳永修三；水中からのヒ素の除去技術，水環境学会誌，20(7),452-454,1997
- 2) 佐竹研一；酸性環境の生態学，1999
- 3) 水質汚染に関する資料集 日本私学教育研究所 1998
- 4) 那須義和；水の分析 第4版，化学同人,1966
- 5) J.Rozema, Uptake of arsenic by *After tripolium* in relation to rhizosphere oxidation, *Otte Et Al*, 1991